

***Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava***

***Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství***

***Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace***

***Možnosti recyklace slitin neželezných kovů použitých v průmyslu***

***Possibility of recycling non-ferrous metals used in industry***

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Autor:**

**Aneta Drozdová**

**Vedoucí práce:**

**Ing Silvie Brožová, Ph.D.**

**Ostrava**

**2014**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství  
Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace

## Zadání bakalářské práce

Student: **Aneta Drozdová**  
Studijní program: B3923 Materiálové inženýrství  
Studijní obor: 3911R033 Recyklace materiálů  
Téma: **Možnosti recyklace slitin neželezných kovů použitých v průmyslu**  
**Possibility of recycling non-ferrous metals used in industry**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Rozbor a charakteristika problematiky, legislativa
3. Charakteristika slitin neželezných kovů použitých v průmyslu
4. Popis známých postupů při recyklaci slitin neželezných kovů
5. Závěr – celkové hodnocení, perspektivy

Seznam doporučené odborné literatury:

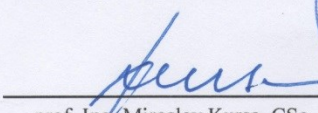
1. KURAŠ, M. Odpady, jejich využití a zneškodňování. SNTL 1995.
2. Články v odborných časopisech – 2003 až 2013.
3. Rewas 2008, Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology, 978-0-87339-726-1
4. HLAVATÁ, M. Odpadové hospodářství. Ostrava 2004. ISBN 80-248-0737-8
5. Internetové odkazy
6. KRIŠTOFOVÁ, D. Recyklace neželezných kovů. Ostrava 2003

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

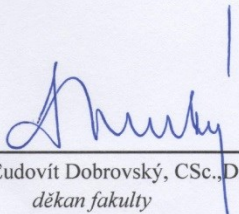
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Silvie Brožová, Ph.D.**

Datum zadání: 29.11.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014

  
prof. Ing. Miroslav Kursa, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.  
děkan fakulty



## Zásady pro vypracování bakalářské práce

### I.

Bakalářskou prací (dále jen BP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

### II.

#### Uspořádání bakalářské práce:

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list                              | 6. Obsah BP                  |
| 2. Originál zadání BP                        | 7. Textová část BP           |
| 3. Zásady pro vypracování BP                 | 8. Seznam použité literatury |
| 4. Prohlášení + místopřísežné prohlášení     | 9. Přílohy                   |
| 5. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky |                              |

ad 1) Titulní list je koncipován podle požadavků příslušné oborové katedry. Měl by korespondovat s podobou vnějších desek (viz část III) doplněnou o název práce, umístěný nad spojením *BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*.

ad 2) Originál zadání BP obdrží student na oborové katedře.

ad 3) Tyto „Zásady pro vypracování bakalářské práce“ následují za originálem zadání BP. („Zásady pro vypracování bakalářské práce“ jsou ke stažení na webových stránkách fakulty).

ad 4) Prohlášení + místopřísežné prohlášení je napsané na zvláštním listu (ke stažení na webových stránkách fakulty) a je vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání BP. V případě, že BP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listu vloženo prohlášení spolupracující právnické nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním BP.

ad 5) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listu česky a anglicky v rozsahu max. jedné strany pro obě jazykové verze.

ad 6) Obsah BP se uvádí na zvláštním listu. Zahrnuje názvy všech číslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části BP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 7) Textová část BP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním BP;
- Vlastní rozpracování BP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků BP z hlediska stanoveného zadání.

BP nemusí obsahovat experimentální (aplikační) část.

BP bude zpracována v rozsahu min. 25 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury).

Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující doporučené úpravy - písmo Times New Roman (nebo podobné) 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý

ZASADY.DOC

– 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 9).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost.

U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury.

Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

ad 8) BP bude obsahovat alespoň 10 literárních odkazů, z toho nejméně 3 v některém ze světových jazyků.

Seznam použité literatury se píše na zvláštním listu. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu BP.

ad 9) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části, např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

### III.

Bakalářskou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahoře: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*  
*Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství*  
*Katedra .....*

uprostřed: *BAKALÁŘSKÁ PRÁCE*

dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON. Práce vložená v elektronické formě do IS EDISON se musí zcela shodovat s prací odevzdanou v tištěné formě.

### IV.

Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem bakalářského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2013/2014. Nesplnění výše uvedených zásad pro vypracování bakalářské práce může být důvodem nepřijetí práce k obhajobě. O nepřijetí práce k obhajobě rozhoduje v tomto případě garant příslušného studijního oboru.

Ostrava 22. 11. 2013

**Prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.**  
děkan fakulty metalurgie a materiálového inženýrství  
VŠB-TU Ostrava

ZASADY.DOC



## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 - školní dílo);
- беру на ведоми, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB - TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- беру на ведоми, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně.

V Ostravě ... 30.4.2014 ...

... Aneta Drozdová ...  
podpis (jméno a příjmení studenta)

Ráda bych poděkovala paní Ing. Silvii Brožové, Ph.D. za odborné vedení a také za velmi cenné rady při zpracování mé bakalářské práci.

Zvláštní poděkování patří mé rodině za jejich trpělivost a podporu.

Tato práce byla řešena v rámci projektů „Inovace předmětu Recyklace materiálů z pohledu snížení zátěže životního prostředí“ č. FRVS2014/196 a „Nové technologické postupy recyklace materiálu a jeho energetické využití z pohledu snížení zátěže životního prostředí“ č. SP2014/79.

## ANOTACE

Předložená práce obsahuje typy slitin neželezných kovů použitých v daných průmyslech, jako jsou automobilový, potravinářský a strojírenský. Nejčastěji používané slitiny neželezných kovů v automobilovém a potravinářském průmyslu jsou hliníkové slitiny. Ve strojírenském průmyslu jsou převážně využívány slitiny mědi a niklu. Tato práce se také zabývá známými postupy recyklace neželezných slitin. Lze si je rozdělit na mechanické recyklační technologie a metalurgické recyklační technologie.

**Klíčová slova:** slitiny neželezných kovů, průmysl, recyklace

## ANNOTATION

The present work includes types of non-ferrous metals used in these industries, such as automotive, food and engineering. The most commonly used alloys in the automotive and food industries are aluminum alloy. In the engineering industry are mainly used copper nickel alloy. This work also deals with known methods of recycling of non-ferrous alloys. These can be divided into mechanical and metallurgical recycling technology recycling technology.

**Keywords:** non-ferrous metals, industry, recycling

1. ÚVOD.....	1
2. CHARAKTERISTIKA SLITIN NEŽELEZNÝCH KOVŮ POUŽITÝCH V PRŮMYSLECH.....	2
3. TYPY PRŮMYSLU.....	3
3.1. Automobilový průmysl.....	3
3.1.1. Hliníkové slitiny .....	3
3.2. Potravinářský průmysl.....	8
3.3. Strojírenský průmysl .....	11
3.3.1. Slitiny mědi .....	12
3.3.2. Slitiny niklu .....	19
4. ZNÁME POSTUPY PŘI RECYKLACI NEŽELEZNÝCH SLITIN.....	20
4.1. Odpady, jejich definice a rozdělení .....	20
4.2. Recyklační technologie .....	21
4.2.1. Mechanické recyklační technologie.....	24
4.2.2. Metalurgické recyklační technologie.....	25
4.2.2.1. Tepelné procesy .....	25
4.2.2.2. Hydrometalurgické procesy .....	26
4.2.2.3. Termické procesy .....	27
5. ZÁVĚR.....	28



## 1. ÚVOD

Slitiny neželezné kovů jsou z velké části používány především v průmyslových odvětvích. Jejich značná výhoda spočívá v možnosti dosažení výraznějších mechanických, fyzikálních i chemických vlastností než samotný čistý kov. Příkladem je pevnost, tvrdost, odolnost a také vyšší tažnost. V automobilovém průmyslu se nejčastěji využívají slitiny hliníku díky jejich nízké hmotnosti a dobré tvářitelnosti a výhodné ceně. Díky těmto vlastnostem se taktéž využívá v potravinářském průmyslu. Poslední průmysl, který uvádím je strojírenský průmysl, ve kterém se převážně využívají slitiny mědi, ale také se zde setkáme se slitinami niklu. Měď je po hliníku druhým nejvýznamnějším neželezným kovem, vyznačuje se výbornou korozní odolností. Slitiny niklu se využívají pro své plastické a pevnostní vlastnosti.

Většina slitin neželezných kovů je dobře recyklovatelná a odpady mohou sloužit jako produkt pro druhotné suroviny. Každá lidská činnost obsahující výrobní postupy i spotřebu produktů je provázena vznikem určitého množství odpadů. Postupem času, kdy došlo až k místnímu vyčerpání některých zdrojů potřebných surovin, se začalo na odpady nahlížet jako na materiály, které obsahují značné množství užitečných složek. Hromadění odpadů má také velký vliv na životní prostředí a z tohoto důvodu je potřeba ho snižovat. Odpady se v důsledku této situace stávají druhotnými surovinami, které pak slouží k získávání potřebných látek, a to díky vývoji nových technologií umožňujících za ekonomických podmínek přepracovat doposud nevyužívané materiály. Další vývoj směřuje k cíli, kterým jsou bezodpadové technologie, tzn. výroba v uzavřeném cyklu, která nevyžaduje skládkování odpadů a tím se také sníží již zmíněný dopad na životní prostředí.

## 2. CHARAKTERISTIKA SLITIN NEŽELEZNÝCH KOVŮ POUŽITÝCH V PRŮMYSLECH

Slitiny kovů jsou materiály připravované mísením dvou nebo více kovů. Další možností jejich přípravy je průmyslově a to sléváním. Vlastností vzniklých slitin se velmi odlišují od původních vlastností použitých kovů. V některých případech se mohou výrazně měnit i charakteristické vlastnosti použitých kovů a to způsobuje, že vzniklá slitina může mít i takové vlastnosti, které dílčí kovy nikdy neměly. Příkladem mohou být dva měkké kovy, jako jsou zlato a měď, ze kterých spojením vzniká tvrdá slitina, pokud k této slitině přidáme ještě platinu, získává slitina ještě navíc i pružnost. Z hlediska technické praxe mají vzniklé slitiny obvykle hodnotnější chemické i fyzikální vlastnosti než samotné čisté kovy, ze kterých se tyto slitiny skládají (vyšší tvrdost, tažnost, odolnost a pevnost). Je možné změnit vlastnosti slitin a to změnou jejich poměru složek nebo výměnou samotných složek. Liší se od čistých kovů hlavně tím, že většina slitin nemá ostrý bod tání. V určitém teplotním rozmezí se slitina vyskytuje jako směs kapalné nebo pevné fáze. Při určitém poměru složek vykazují některé slitiny teplotu tání, která je menší než teplota tání jednotlivých složek. Čisté kovy se na rozdíl od slitin vyznačují dobrou elektrickou vodivostí a odolností vůči korozi, ale mají velkou nevýhodu a tou je malá pevnost a značná měkkost. Můžeme si uvést příklad na kabelech vedení vysokého napětí, aby udržely svou vlastní tíhu a nepřetrhly se, je třeba snížit nárok na vodivost a využít slitinu, která vyniká mechanickými vlastnostmi. Ztrátu odolnosti vůči korozi a elektrickou vodivost lze kompenzovat pomocí příměsí, tzv. legur (chrom pro odolnost proti korozi, mangan pro tvrdost, molybden pro vyšší tvarovou stálost za vysokých teplot). [1,2]

### 3. TYPY PRŮMYSLU

Slitiny neželezných kovů můžeme najít v mnoha průmyslových odvětvích. Příkladem jsou letecký, chemický, potravinářský, automobilový, strojírenský, stavební, metalurgický a další. V této bakalářské práci se blíže budeme věnovat automobilovému, potravinářskému a strojírenskému průmyslu.

#### 3.1. Automobilový průmysl

Ústředními prvky použitými ke konstrukci automobilu jsou ocel a litina. Ocel jako výrobní materiál bývá zaměňován za hliník a jeho slitiny a to díky nízké hmotnosti hliníkových slitin a dobré tvářitelnosti, uplatnění zde nacházejí také slévárenské slitiny hliníku.[3]

##### 3.1.1. Hliníkové slitiny

Nejpoužívanějšími slitinami v automobilovém průmyslu jsou slitiny hliníku. Podíl hliníkových slitin je větší než 90 % hmotnosti veškerých odlitků z neželezných slitin. Důvodem takto vysoké procentuální hmotnosti je příznivý poměr mezi hmotností a mechanickými vlastnostmi, žádoucí cena, relativně snadná technologie výroby a výhodné technologické vlastnosti.[4]

S rostoucími požadavky na vlastnosti odlitků a polotovarů z hliníku a jeho slitin vedou ke zvyšující se výrobě hliníku o vyšších čistotách. Vyšších čistot lze dosáhnout použitím velice čistého kyslíčnicku hlinitého. V zahraničí se již normují slitiny hliníku s vyššími čistotami (např. Al 99,9 nebo 99,99 %), je tomu tak ve Velké Británii a dalších zemích.[5]

Hliník je velmi dobrým kovem díky kombinaci fyzikálních (př. tepelná vodivost), mechanických, chemických (př. odolnost proti korozi) a technologických vlastností, které nám dovolují použití hliníkových materiálů zcela ve všech oblastech lidského působení. Jednou ze zásadních vlastností slitin hliníku je nízká měrná hmotnost a relativně dobrá pevnost, to znamená, že některé slitiny hliníku jsou srovnatelné s podobnými charakteristikami oceli nebo mohou být ještě lepší. Slitiny hliníku velice dobře vzdorují korozi a látkám kyselého charakteru, ale pouze v případě, že neobsahují měď. Vyznačují se

DROZDOVÁ, Aneta. Možnosti recyklace slitin neželezných kovů v průmyslu. Bakalářská práce VŠB-TUO Ostrava, 2014. Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.



naopak poměrně malou odolností vůči působení alkalických látek. V ochranné atmosféře se slitiny hliníku dobře svařují a také mají náležitou elektrickou vodivost. Naopak nedostatkem hliníkových slitin je jejich nízká tvrdost, což způsobuje snadné poškrábání a zhmoždění povrchu zpracovávaného materiálu nebo hotových součástí. Dalším nedostatkem je velmi pracné třískové obrábění a mechanické leštění měkkých slitin (materiál se maže). Hliníkové slitiny mohou podléhat elektrochemické korozi, jestliže jsou v konstrukci ve vodném styku s ostatními kovy. Výjimkou však jsou kadmium a zinek.

V přírodě je hliník jedním z nejrozšířenějších prvků, zemská kůra obsahuje okolo 8 % hliníku, který je součástí sloučenin, jako jsou bauxit, kryolit, korund, spinely a kaolin.

Historie používání hliníku a jeho slitin je poměrně krátká ve srovnání s ostatními neželeznými kovy. A to díky technologii výroby. [4]

Hliníkové slitiny můžeme rozdělit do dvou základních skupin: slitiny slévárenské a ke tváření. V první části se zaměříme na slévárenské slitiny hliníku. Tyto slitiny obsahují hlavně hliník, ale také další kovy.

Slitiny Al-Si známe běžně pod názvem siluminy, patří mezi nejvýznamnější typ slévárenských slitin hliníku a představují převážnou část produkce hliníkových odlitků. Slévárenské siluminy obvykle obsahují 5-13 % Si.

Podle množství křemíku se siluminy dělí:

- Podeutektické (obsah Si menší než 10 %)
- Eutektické (obsah Si 10-13 %)
- Nadeutektické (obsah Si vyšší než 13 %)

Tento typ hliníkových slitin je charakteristický zejména nízkým koeficientem tepelné roztažnosti a velkou odolností proti abrazivnímu působení, to je zejména výhodné pro výrobu odlitků pracujících za vysokých teplot (speciální písty). Tyto slitiny mají strukturu tvořenou eutektickou maticí a primárními krystaly křemíku. Možná změna struktury daných slitin není zatím dostatečně vyřešena. Vlastnosti slitin závisejí jak na primárních krystalech křemíku, tak také na základní hmotě. Jeden z problémů vidíme v tom, že přísady, které působí na krystalizaci primárního křemíku, nepůsobí na morfologii eutektika a obráceně. Z tohoto důvodu se působí především na krystalizaci primárního křemíku, který má vliv na poškozování vlastností slitin daleko více než eutektikum.

Krystalizaci primárního křemíku můžeme ovlivnit očkovaním a to tak, že přidáme přísadu červený fosfor nebo sloučeniny, které fosfor obsahují. Příkladem jsou sloučeniny jako  $PCl_5$ ,  $CuP$ . Očkování provádíme při teplotách okolo 800 °C. Výsledkem očkování je silné zjemnění prvotních krystalů, které se nacházejí v zrnitém eutektiku.[4]

Konkrétní příklady siluminu použitých v automobilovém průmyslu. Na **obr. 1** můžeme vidět hlavu válců.



**Obr. 1:** Hlava válců ze slitiny  $AlSi7Mg$  [1]

Hlavu válců najdeme v automobilu jako montážní část spalovacího motoru nebo odlišného pístového tepelného stroje. U strojů, které jsou konstruovány běžným způsobem, obsahují kanály pro sací a výfukový trakt součásti ventilového rozvodu. Spalovací motory mohou zahrnovat také další součásti vstřikovacích trysek nebo zapalovacích svíček. Hlava válců nahoře spojuje blok válců. U spalovacích motorů je v hlavě válců zhotoven spalovací prostor s výfukovými a sacími ventily.[2]

Hlava válců v automobilovém průmyslu je tvořena neželeznou slitinou kovů a to hliníkovou slitinou s označením  $AlSi7Mg$ .

Další slitinou je hliníková slitina s označením  $AlSi10Mg$ , která se v automobilovém průmyslu používá k výrobě bloku válců **obr. 2**.



**Obr. 2:** Blok válců ze slitiny  $AlSi10Mg$  [2]

Blok válců je jednou z výrobních součástí víceválcového spalovacího motoru nebo odlišného pístového stroje, která v sobě pojímá několik válců (pracovních prostorů). Z jedné strany je blok ukončen hlavou válců a z druhé strany je uzavřen klikovou skříní. U menšího motoru je blok vytvořen jako jeden celek. U větších motorů mohou být válce vytvořeny každý zvlášť a poté vloženy současně do klikové skříně.[2]

V motorech automobilů se také nachází kované písty **obr. 3**, které jsou opět vyhotoveny z hliníkové slitiny s označením  $AlSi12NiMg$ .



**Obr. 3:** Kovaný píst motoru ze slitiny  $AlSi12NiMg$  [3]

Píst je hybná součást strojů, v našem případě je to píst v motoru automobilu. Jeho úlohou je přenos síly mezi mechanickým zařízením a kapalným nebo plyným médiem. Ve většině případů má píst tvar kruhový nebo válcový, ale setkáme se také se speciálními písty odlišných tvarů jako je trojhranný píst Wankelova motoru. Čtvercový píst vzduchových čerpadel, který najdeme u starých modelů automobilů typu Hamr. Mezi základní a tedy i nejjednodušší typy pístu patří píst zvaný plunžr, který je současně i pístní tyčí. Hliníkové slitiny se na písty v automobilovém průmyslu používají právě díky obsahu křemíku, který má za úkol snížit teplemou roztavnost slitiny.[2]

Posledním typem slitinu použitého v automobilovém průmyslu na kostru a část karoserie **obr. 4** je slitina s označením  $AlSi8$ .





**Obr. 4:** *Karosérie automobilu* [4]

Za karosérii považujeme tu část automobilu, která je určena k převozu osob a nákladu a také slouží k jejich ochraně před nepříznivými vlivy počasí. Zabezpečuje pohodlí při přepravě a díky deformačním zónám i ochranu při dopravních nehodách.[2]

Ve druhé části se blíže podíváme na slitiny ke tváření použité v automobilovém průmyslu.

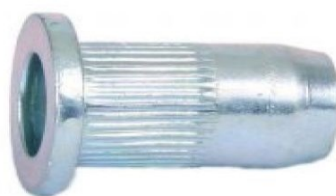
Slitiny Al-Mg-Si se vyznačují nízkým obsahem přísadových prvků, které obvykle nepřekračují 1,5 %. Na rozdíl od hliníkové slitiny pouze s hořčíkem je lze vytvrzovat tepelným zpracováním a jsou dobře tvárná. Dosahují meze pevnosti v tahu až 350 MPa.[6] V automobilovém průmyslu nacházejí tyto slitiny své využití především k výrobě dveřních závěsů **obr. 5**.



**Obr. 5:** *Dveřní závěs automobilu* [5]

Pant neboli závěs je mechanické zařízení skládající se z více částí, které dovoluje nejčastěji zavěšení dveří a jejich následný pohyb. Typů závěsů je velké množství a liší se od sebe způsobem uchycení, ale také možnostmi dovírání dveří.[2]

Slitiny Al-Cu-Mg patří mezi další tvárné hliníkové slitiny v automobilovém průmyslu a jsou jedny z nejstarších a nejpoužívanějších hliníkových slitin. Tyto slitiny podstoupily komplikovaný vývoj od dvousložkových slitin Al-Cu ke komplexním slitinám. Ve slitinách hliníku je měď považována za jeden z nejdůležitějších prvků a to především díky velké rozpustnosti a jejímu zpevňujícímu účinku. Maximální podíl mědi v hliníkových slitinách je 4,8 %, ale mechanické vlastnosti podléhají obsahu hořčíku, který je zde zastoupen v množství 0,4 – 1,8 %. Slitiny se vytvrzují obvykle nenuceným stárnutím po rozpouštěcím zahřívání při teplotách 490 – 520 °C. Jednou z nejdůležitějších slitin pro automobilový průmysl je slitina AlCu2Mg, která nachází uplatnění při výrobě nýtů **obr. 6**. [6]



**Obr. 6:** Nýt z nezelezné slitiny [6]

Nýt je samočinný spojovací prostředek, který slouží k vytvoření nerozebíratelného spoje. V automobilovém průmyslu se používá všude tam, kde je třeba tento spoj vytvořit. Příkladem je obložení na automobilu.[2]

### 3.2. Potravinářský průmysl

V potravinářském průmyslu se opět převážně používají slitiny hliníku. Charakteristika hliníkových slitin jsem již popsala dříve v kapitole o automobilovém průmyslu.

V potravinářském průmyslu jsou to nejčastěji slitiny hliníku s manganem, hořčíkem nebo lithiem.

Slitiny Al-Li jsou v současnosti označovány jako super slitiny. Rozpustnost lithia v hliníku je možná do 12%. Přidáním lithia dostává slitina vyšší pevnost a také vyšší tvrdost, naopak nevýhodou přidání lithia je, že se snižuje tvářitelnost a odolnost vůči korozi. Tyto slitiny se velmi obtížně vytvářely a to z toho důvodu, že lithium je vysoce náchylné k výbuchu po dobu legování. Vyrábí se v ochranné atmosféře, která je po celou dobu výroby kontrolována. Jsou dokončovány jako obvyklé slitiny.[7]

Hlavní předností slitin hliníku s lithiem spočívá převážně v jejich nízké měrné hmotnosti a vyšším modulu pružnosti v tahu. Hustotu hliníku lze snížit až o 3%, pomocí hmotnostního procenta lithia a zvyšuje modul pružnosti okolo 5-6%. Čím větší množství lithia jako legujícího prvku přidáme, tím bude slitina lehčí. Množství lithia jako legujícího prvku se u jednotlivých typů slitin mění podle výrobce. Tyto slitiny jsou převážně určeny pro tváření, ale v případě potřeby je můžeme využít i pro odlitky. Jedním z problémů při technologické výrobě, tj. tavení, legování a lití je nízká hustota lithia. Nejideálnějších vlastností těchto slitin lze dosáhnout ve stavu vytvrzeném za tepla. Všechny slitiny jsou poměrně citlivé na tepelné zpracování, díky tomu je nutné dodržet správných podmínek pro ideální vlastnosti.[8]

V potravinářském průmyslu se setkáme se slitinou Al-Li značenou také jako 8011A, ze které se vyrábějí fólie **obr. 7**.



**Obr. 7:** Fólie ze slitiny Al-Li [7]

Potravinářské fólie, obecně známá pod názvem alobal. Vhodná zejména k balení čokolád, cukrovinek a dalších potravin. Tyto fólie se vyznačují nízkou hmotností, výbornými bariérovými vlastnostmi a především hygienickou nezávadností.[9]



Dále se v potravinářském průmyslu setkáme s hliníkovými miskami **obr. 8.**, které jsou obzvlášť vhodné pro balení hotových jídel a lahůdek.



**Obr. 8:** Miska ze slitiny Al-Mn [8]

Tyto misky snášejí jak vysoké, tak také nízké teploty, jsou tedy vhodné na pečení i na uskladnění v lednicích a jsou vyhotoveny ze slitiny Al-Mn. Dalším využitím této slitiny jsou nápojové plechovky **obr. 9.** [9]



**Obr. 9:** Nápojové plechovky ze slitiny Al-Mn [9]

Slitina Al-Mn, u které je hlavním legujícím prvkem mangan, jeho obsah činí asi 1,5%. Tyto slitiny neobsahují měď, díky tomu disponují velkou odolností vůči korozi a to i bez povrchové ochrany, ale nedají se výrazně měnit. Přidáním křemíku lze tuto nevýhodu odstranit, čímž vznikne slitina Al-Si-Mn.[10]

Slitiny hliníku s manganem se také vyznačuje značně nižší tepelnou i elektrickou vodivostí než má samotný hliník. Dá se snadno svářit všemi způsoby, použití především v měkkém stavu nebo tvářeném za studena. Využívá se na nepříliš namáhané výrobky připravené ohýbáním, hlubokým tažením a svářením.[11]

Slitiny Al-Mg, do této skupiny slitin patří slitiny s obsahem hořčíku do 6 %. Tento obsah hořčíku dodává slitině náležitou odolnost vůči korozi, pokud bude obsah hořčíku vyšší, než 6 % objeví se sklon ke korozi po hranicích zrn. Tento sklon ke korozi se projevuje zejména při mechanickém zatížení a z tohoto důvodu se slitiny s takto vysokým obsahem hořčíku nepoužívají. Pevnost těchto slitin není tak vysoká jako u jiných hliníkových slitin činí pouze 140 – 200 MPa. Nízká pevnost se v tomto případě dá zvýšit pomocí deformačního zpevnění, tvářením za studena s nižším stupněm deformace. Pevnost se dá zvýšit až na hodnotu 420 MPa. Tato hodnota by se dala ještě zvýšit, ale to sebou přináší značnou nevýhodu v podobě nižší tvárnosti slitin a výrazně menší odolnosti vůči korozi. V potravinářském průmyslu se s touto slitinou setkáme převážně při výrobě plechovek, ale pouze jejich části, kterými jsou víčka **obr. 10**. [6]



**Obr. 10:** *Víčka nápojových plechovek* [10]

### 3.3. Strojírenský průmysl

Ve strojírenském průmyslu se častěji setkáme se slitinami mědi. A to díky jejich vysoké tepelné a elektrické vodivosti. Tyto slitiny si můžeme rozdělit do dvou základních skupin a to jsou mosazi (slitina mědi a zinku) a bronzy (slitina mědi a cínu). Dalšími slitinami výrazně zastoupenými ve strojírenském průmyslu jsou slitiny niklu, používají se zejména pro jejich vynikající odolnost proti korozi.

---

DROZDOVÁ, Aneta. Možnosti recyklace slitin neželezných kovů v průmyslu. Bakalářská práce VŠB-TUO Ostrava, 2014. Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství. Katedra neželezných kovů, rafinace a recyklace.

### 3.3.1. Slitiny mědi

Po hliníku je měď druhým nejvýznamnějším neželezným kovem se střední teplotou tání. Tyto slitiny začalo využívat lidstvo už 5 tisíc let př. n. l., jako v podstatě první ze současných slitin. K nejdůležitějším vlastnostem mědi patří především velmi vysoká tepelná a elektrická vodivost. Měď je charakteristická dobrou korozní odolností na vzduchu, ve vodě i ve zředěných kyselinách a to díky své ušlechtilosti. Na vzduchu se na mědi tvoří vrstva korozních produktů (zásadité sírany) s typickým zeleným zbarvením.

Mezi škodlivé nečistoty, které se v tuhém stavu mědi téměř vůbec nerozpouštějí, patří bismut a olovo. Při procesu tavení se do mědi dostává kyslík, který se reakcí mění na  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Výskyt kyslíku nemá vliv na tvářitelnost, ale vyvolává křehnutí za studena. Provádí se dezoxidace, která způsobuje snižování obsahu kyslíku v mědi. Některé slitiny mědi mohou být predisponovány k naplyňování vodíkem. Vodík má velký vliv na kyslík, takže lze říct, že čím větší obsah vodíku máme, tím větší máme také obsah kyslíku. Při tuhnutí mědi nám vodík zapříčiní bublinatost. Pomocí probublávání interního plynu lze vodík odstranit. Jestli-že měď obsahuje oxid měďný, tak s ním vodík reaguje při teplotě nad  $400^\circ\text{C}$  za vzniku vodní páry, která má tendenci se soustřeďovat v pórech a svým tlakem způsobuje vznik trhlin.[1]

Mezi nejdůležitější slitiny mědi patří mosazi a bronzy. V první části se blíže podíváme na mosazi.

Z celkové produkce mědi je použito 25 % k výrobě mosazi. Jedním z největších technologických problémů při výrobě mosazi je ztráta zinku jeho odpařováním. Z tohoto důvodu se vždy při výpočtu vsázky leguje zinek až na horní hranici normy. Při výrobě je velmi důležité dodržet a nepřekročit tavicí teplotu. Interval tuhnutí mosazi je mezi  $880-950^\circ\text{C}$ . Pro lití se teplota vybírá okolo  $50-100^\circ\text{C}$  nad likvidem, což znamená, že požadovaná teplota je do  $1050^\circ\text{C}$ . Teplota tavení nesmí překročit teplotu lití o více než  $50^\circ\text{C}$ , proto se vybírá teplota do  $1100^\circ\text{C}$ . Při kontrole se tedy kontroluje teplota a zkoumá se výsledné chemické složení taveniny.[2]

Mosaz je jednou z nejrozšířenějších slitin mědi a zinku, případně dalších kovů lze jí tvářet i za studena, ale pouze do obsahu 36 %, s rostoucím obsahem zinku narůstá mosaz na křehkosti a lomu. Mosaz si můžeme rozdělit do tří skupin, první skupinou jsou mosazi určené ke tváření, které obsahují 5-42 % zinku. Do druhé skupiny patří mosazi k odlévání.

Mechanické vlastnosti základních typů mosazi jsou zaznačeny v **tab. 1**. Poslední skupinou jsou zvláštní mosazi, které obsahují další legující prvky. Mosaz se vyznačuje vyšší pevností než samotná měď, je nemagnetická a vysoce odolná proti chemickým a korozním vlivům.[1]

**Tab. 1:** Mechanické vlastnosti základních typů mosazí

Typ mosazi	Mez pevnosti v tahu $R_m$ (MPa) stav		Tažnost A (%) stav	
	deform.zpevn.	žiháný	deform.zpevn.	žiháný
<b>Ms95</b> Cu-5Zn	386	234	5	45
<b>Ms90</b> Cu-10Zn	421	255	5	45
<b>Ms85</b> Cu-15Zn	483	269	5	48
<b>Ms80</b> Cu-20Zn	517	296	6	52
<b>Ms70</b> Cu-30Zn	660	330	3	55
<b>Ms65</b> Cu-35Zn	510	317	8	65
<b>Ms60</b> Cu-40Zn	483	372	13	45

První skupinou jsou tvářené mosazi

- Automatová mosaz **Ms58Pb2**, tato slitina je vhodná zejména k výrobě šroubů **obr. 11** a jiných součástí hromadné výroby, dále také k výrobě armatur.



**Obr. 11:** Šroub z mosazi [11]

Šroub je strojní komponent, jehož hlavní část tvoří tělo opatřené závitem. Spolu s maticí tvoří spojovací pomůcku.[2]



- Mosaz s označením **Ms63** je velmi tvárná za studena. Má vysoký obsah zinku, díky kterému je mezi mosazemi nejlevnější. Lze k této slitině přidat také malé množství olova, okolo 1,9 % pak je vhodná k výrobě automobilových chladičů, součástí vypínačů a svítidel **obr. 12**.



**Obr. 12:** Z části mosazné svítidlo [12]

- Mosaz **Ms70** je optimální pro zpracování za studena a je vhodná pro výrobu pružin a lopatek parních turbín **obr. 13**. Parní turbína je tepelný stroj, který pracuje na základě převedení kinetické a tlakové páry. Tato turbína se skládá ze čtyř technologických dílů. Jsou to ucpávky, ložiska, skříň a lopatky. Lopatky jsou vyráběny převážně frézováním nebo litím.



**Obr. 13:** Lopatky parní turbíny[13]

- Tombaky jsou slitiny s vyšším obsahem mědi než 80 %. Ms80 tombak světlý, Ms 85 tombak zlatý a Ms 90 tombak červený. Tyto mosazi jsou velmi dobře tvárné za studena díky jejich vysoké měkkosti, kterou získávají právě kvůli vysokému obsahu mědi. Tombaky s vyšším obsahem mědi (nad 85 %) se vyznačují značnou chemickou odolností a nejsou náchylné ke koroznímu praskání pod napětím. Z těchto slitin se vyrábějí armatury a součásti manometru.



**Obr. 14:** *Manometr* [14]

Na **obr. 14** vidíme manometr. Manometr je automatické měřidlo tlaku kapaliny nebo plynu. Jako deformační prvky se zpravidla používají např. membrány, vlnovce nebo tzv. Bourdonova trubice, která se mnohdy zhotovuje právě ze slitiny mědi zvané tombak. Tato trubice má elipsovitý tvar stočený do kruhu a je umístěna uvnitř manometru.

Druhou skupinou jsou slévárenské mosazi.

- Zde patří mosazi s obsahem mědi 53-60 % značí se **Ms58-63**. Jejich charakteristické vlastnosti jsou obzvláště dobrá zabíhavost a malý sklon k odměšování. Nedostatkem těchto mosazí je pohlcování značného množství vzdušných plynů při výrobě a také trpí velkým smršťováním při ochlazování (1,5 %), díky kterému mají velkou náchylnost pro tvoření dutin a staženin. Používají se pro armatury plynovodů a vodovodů, stavební a nábytková kování, ozubená kola, ventily, ložisková pouzdra.

Poslední skupinou jsou zvláštní mosazi.

- Obsahují přísadové prvky, jako jsou mangan, hliník, cín, křemík, nikl atd. Používají se především tam, kde jsou ostatní typy nevhodné kvůli svým mechanickým vlastnostem. Jde o mosazi k tváření a na odlitky. Pokud mají vyšší tavicí teplotu, než 500 °C řadíme je k tvrdým pájkám, které jsou vhodné k použití na spojování kovových dílců. Uvedeme si dva typy mosazí.

Cínové mosazi mají výborné akustické vlastnosti, používají se tedy především na výrobu hudebních nástrojů. Pokud obsahují 0,5 -1 % cínu, tak se tyto mosazi vyznačují vysokou korozní odolností proti účinkům slané vody, jsou tedy vhodné k výrobě lodního zařízení.

Mosazi s přísadou niklu jsou z historického hlediska považovány za jedny z nejstarších mosazí. Několik slitin se specifickým složením má i svůj název, jsou to pakfong, alpaka, argentin nebo konstantan, který se využívá jako odporový materiál pro tenzometr.[6,10]

Do strojírenského průmyslu neodmyslitelně patří také bronz, opět je můžeme rozdělit do několika skupin a to na základě přidaného barevného kovu. Obecně můžeme prohlásit, že bronz je slitina mědi a cínu. Bronz a jeho výrazné vlastnosti jako jsou tvrdost, slévatelnost a kovatelnost byly objeveny již v pravěku. Objevení bronzu bylo považováno za obrovský technologický pokrok ve výrobě nejrůznějších předmětů, nástrojů a zbraní. V současnosti se bronz používá převážně v sochařství a pro speciální účely.

### Cínové bronz

- Tvářené cínové bronz s obsahem 9% cínu se používají k výrobě značně namáhaných kluzných ložisek. Slévarenské cínové bronz obsahují 10-12% cínu a jsou vhodné k výrobě namáhaných součástí otěrem, jako jsou šroubová kola, sedadla ventilů čerpadel, vysokotlaká čerpadla, věnce ozubených kol, apod.

Na **obr. 15** je znázorněno vysokotlaké čerpadlo. Čerpadlo je mechanický stroj, který odevzdává potenciální, tlakovou nebo kinetickou energii tekutině, která přes tento stroj

prochází. Poháněno bývá nejčastěji jiným strojem, některé typy lze pohánět jak lidskou silou tak také zvířecí.



**Obr. 15:** Vysokotlaké čerpadlo[15]

### Hliníkové bronzy

- Mají až 12% hliníku, který zvyšuje pevnost a tvrdost. Jsou vhodné pro šneková kola, armatury, čelisti odporových svářeček, svorky elektrických přívodů k pecím, ventilová sedla, ložiska pro velké tlaky a malé rychlosti. Mimo podvojných slitin se využívají také hliníkové slitiny s dalšími přísadovými prvky. Vyznačují se zejména odolností proti kyselinám a louhům, z toho důvodu se používají v agresivním prostředí. Výroba potrubí a kohoutů pro přehřátou páru.

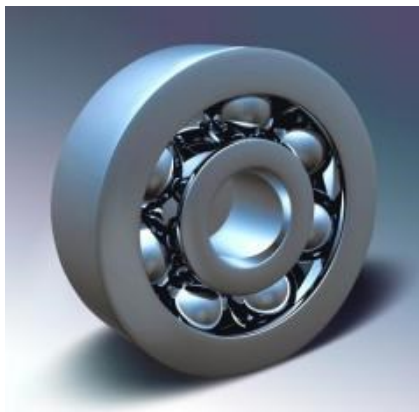
### Beryliové bronzy

- Jsou to nejpevnější slitiny na bázi mědi s obsahem beryllia do 2%. Jsou poměrně drahé a z tohoto důvodu se používají jen v nejnáročnějších případech např. na velmi namáhané elektrody švových a bodových svářeček, na pružiny vhodné pro práci v korozním prostředí, korozivzdorných ložisek, na nejiskřící nástroje a na ventily čerpadel pracujících s louhy.

### Olověné bronzy

- Maximální obsah olova v tomto bronzu je do 38 %, je možno také přidat další prvky jako je cín, někdy nikl, zinek a mangan, které mají za úkol zlepšit rovnoměrnost struktury. Rozpustnost olova v mědi je nepatrná v tuhém stavu, díky podstatnému rozdílu měrných

hmotností těchto kovů může docházet k odměšování olova. Olověné bronzy mají velmi dobré kluzné vlastnosti, využití proto odlévání ložiskové pánve **obr. 16** nebo slouží k vylévání ocelových pánví kluzných ložisek.



**Obr. 16:** Ložisková pánev [16]

#### Niklové a manganové bronzy

- Používají se pro výrobu odporů měřicích a regulačních přístrojů. Příklady konkrétních slitin **CuNi30Mn2** zvaná nikelin, **CuMn13Ni** pod názvem manganin a **CuNi45Mn** z pojmenováním konstantan. Použití konstantanu je především na regulační a méně náročné měřicí odpory. Na termoelektrické články se používá, neboť má ve srovnání s mědí velkou termoelektrickou sílu.

#### Červené bronzy

- Slitina Cu-Sn-Zn nebo případně menší množství olova. Díky nižší ceně se využívají častěji než cínové bronzy. Využívají se pro odlitky armatur, součástí čerpadel, apod. Používají se výhradně tam, kde se nehodí šedá litina z důsledku její malé korozní odolnosti.[6,10]



### 3.3.2. Slitiny niklu

Nikl má dobré plastické vlastnosti a tvářením za studena se poměrně zpevňuje díky krystalové struktuře, která je kubická plošně centrovaná. Patří do skupiny feromagnetických kovů spolu s kobaltem. Velmi výrazně odolává korozi v prostředí vody a v alkalických roztocích. Slitiny niklu jsou mimořádné materiály s vysokou tepelnou a korozní odolností pro strojírenský průmysl, díly pro letecké a raketové motory.[4]

Slitiny niklu použité ve strojírenském průmyslu jsou zejména slitina Ni-Be. Obsah beryllia v této slitině činí maximálně 2 %. Jednou z charakteristických vlastností této slitiny je vysoká pevnost, která dosahuje až 1800 MPa. Použitelnost těchto slitin je do 500 °C a jsou obzvláště vhodné k výrobě pružin, membrán a trysek. Dalšími slitinami jsou Ni-Cu také zvané jako monely. Tyto slitiny mají strukturu tvořenou výhradně tuhým roztokem. Jednoduché slitiny bez přídavku dalšího prvku se vytvrzují tvářením za studena, pokud přidáme další prvek např. hliník, tak se mohou zpevňovat také vysrážením. Mají vysokou korozní odolnost a odolávají vysokým teplotám, díky tomu se používají na nýtovací matice **obr. 17**, ventily, trubky atd. [6,10]



**Obr. 17:** Nýtovací matice [17]

## 4. ZNÁME POSTUPY PŘI RECYKLACI NEŽELEZNÝCH SLITIN

### 4.1. Odpady, jejich definice a rozdělení

Odpad je podle zákona č. 185/2001 Sb. každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k tomuto zákonu. V **tab. 2** je uvedeno základní členění odpadu podle výše uvedeného zákona. Podrobné členění odpadů je provedeno v Katalogu odpadů. Pro mou bakalářskou práci jsem se zabývala jen odpady kovovými.

Z postoje získávání kovu lze odpady rozdělit do tří skupin a to podle množství a formy kovů v nich obsažených:

- Odpady kovové- kovy jsou zde přítomny obvykle v ryzí (metalické) formě buď samostatně nebo ve formě slitin s velmi malým a měnícím se obsahem ostatních nekovových složek.
- Odpady kovonosné- kovy jsou v těchto odpadech přítomny nejčastěji ve formě svých sloučenin.
- Odpady nekovové- představují materiály, které buď neobsahují kovy nebo jen v malém množství (takovém, které v současné době nedovoluje jejich rozumné získávání).

**Tab. 2:** Skupiny odpadů [12]

Kód	Skupina odpadů
Q1	Zůstatky z výroby a spotřeby dále jinak nespecifikované
Q2	Výrobky, které neodpovídají požadované jakosti
Q3	Výrobky s proslou lhůtou spotřeby
Q4	Použité, ztracené nebo jinou náhodnou událostí znehodnocené výrobky včetně všech materiálů, součástí zařízení apod., které byly v důsledku nehody kontaminovány
Q5	Materiály kontaminované nebo znečištěné běžnou činností (např. zůstatky z čištění, obalové materiály, nádoby atd.)
Q6	Nepoužitelné součásti (např. použité baterie, katalyzátory apod.)

Q7	Látky, které ztratily požadované vlastnosti (např. znečištěné kyseliny, rozpouštědla, kalici soli apod.)
Q8	Zůstatky z průmyslových procesů (např. strusky, destilační zbytky apod.)
Q9	Zůstatky z procesů snižujících znečištění (např. kaly z praček plynů, prach z filtrů, vyřazené filtry apod.)
Q10	Zůstatky ze strojního obrábění a povrchové úpravy materiálu (např. třísky z obrábění a frézování, okuje apod.)
Q11	Zůstatky z dopravy a úpravy surovin (např. z dolování, dopravy nafty apod.)
Q12	Znečištěné materiály (např. oleje znečištěné PCB apod.)
Q13	Jakékoliv materiály, látky či výrobky, jejichž užívání bylo zakázáno zákonem
Q14	Výrobky, které vlastník nepoužívá nebo nebude více používat (např. v zemědělství, v domácnosti, úřadech, prodejnách, dílnách apod.)
Q15	Znečištěné materiály, látky nebo výrobky, které vznikly při sanaci půdy
Q16	Jiné materiály, látky nebo výrobky, které nepatří do výše uvedených skupin

## 4.2. Recyklační technologie

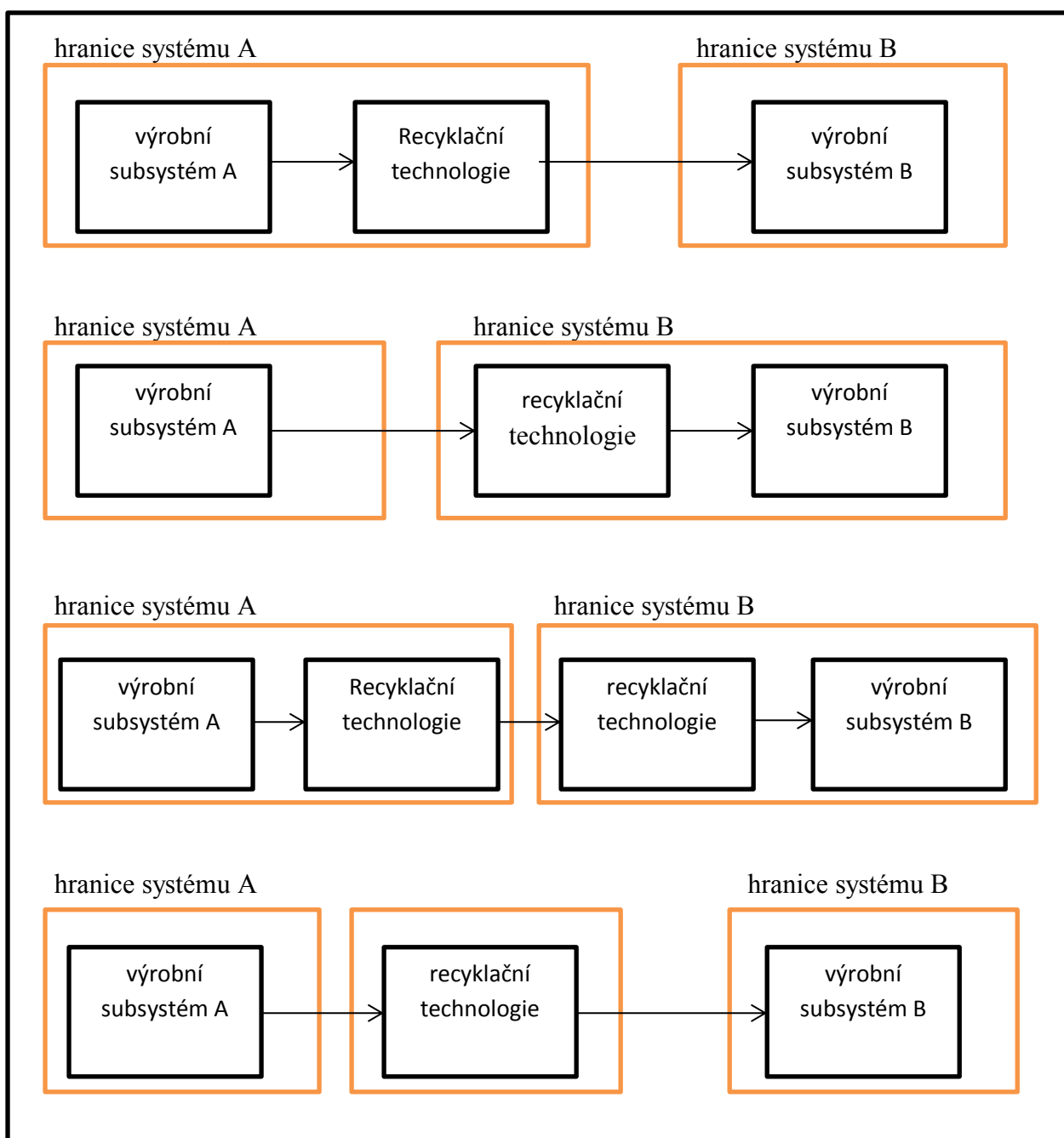
Recyklace odpadů se provádí pomocí tzv. Recyklační technologie. Recyklační technologie je skupina po sobě jdoucích procesů a technologických operací, které mají za úkol změnu odpadu na druhotnou surovinu. Recyklační technologie se zejména vyznačuje její relativní samostatností. Na rozdíl od tzv. málo odpadových technologií, kde jsou náležité postupy zpracování odpadu prvkem výrobní technologie, jsou recyklační technologie obvykle realizovány samostatně. Z návaznosti na již stanovené procesy plyne typický znak recyklační technologie, tímto znakem je její dočasnost. V budoucnu se předpokládá, že budou tyto technologie vystřídány málo odpadovými technologiemi, u kterých je ekologická stránka brána plně na vědomí.

Recyklační technologie v důsledku s jejich postavením ve výrobním procesu:

- 1) Může být součástí procesu, ve kterém odpad vzniká a odpad mění na druhotnou surovinu přímo jeho výrobce.
- 2) Součást procesu, ve kterém se druhotná surovina vzniklá z odpadu využívá a odpad mění na druhotnou surovinu jeho spotřebitel.

- 3) Skládá se ze dvou a více procesů, ze kterých daná část přísluší výrobcí odpadu a další část odběrateli odpadu.
- 4) Samostatný proces, kdy se recyklační technologie odehrává místně nebo časově odděleně od vzniku a dalšího zpracování odpadu.

Na **obr. 18** vidíme schematicky znázorněny předchozí možnosti.



**Obr. 18:** Zařazení recyklačních technologií ve výrobním procesu [12]

Některé požadavky níže uvedené by měla splňovat každá recyklační technologie (vhodně navržená a provozována).

- 1) Technologický postup by měl být vhodně zvolený natolik, aby látka, která je určená k recyklaci, byla ve své definitivní, recyklované podobě co nejčistší.
- 2) Technologie má za úkol, aby se co největší množství recyklované látky dostalo zpět do výrobního procesu.
- 3) Technologie by měla zajistit, aby recyklovaná látka měla konečnou formu, která dovolí její využití bez dalších úprav.
- 4) Technologie by měla být konstruována tak, aby bylo možno do procesu vracet všechny pomocné látky, které se účastnily procesu nebo aby je bylo možno jednoduše získat.
- 5) Náklady na recyklaci musí být v souladu s náklady na úpravu primární suroviny.
- 6) Recyklační technologie nesmí mít negativní vliv na životní prostředí. V optimálním případě by se měla použít málo odpadová nebo bezodpadová technologie.

Recyklační technologie je možno rozdělit do několika základních typů:

Prvním typem jsou mechanické recyklační technologie, obsahují zejména rozměrovou úpravu zpracovávaného odpadu a separaci jednotlivých užitkových složek odpadu, která se provádí technologickými postupy, založenými na rozdílných fyzikálních i fyzikálně-chemických vlastnostech složek odpadu. Neodmyslitelnou součástí u těchto technologií je třídění (dělení podle velikosti zrna). Do této skupiny je tedy možno řadit klasické úpravnické technologie, které jsou vhodné k využití pro zušlechťování primárních surovin nebo jejich modifikace.

Druhým typem jsou chemické recyklační technologie, členění těchto technologií je velmi obtížné. Záleží na druhu, složení, množství, stupni homogenity, koncentraci a dalších vlastnostech zpracovávaného odpadu. Používají se při neutralizaci škodlivin v odpadu, který se ještě zpracovává klasickými postupy chemické výroby, a to při regeneraci odpadu (obnova užitných vlastností látek, aby mohly být nadále užívány k původním účelům), tak při přímé přeměně odpadu na druhotnou surovinu. Lze zde také řadit metalurgické postupy. Jako



specifickou skupinu chemických recyklačních technologií lze uvést termické procesy, mohou být ovšem řazeny do skupiny metod, určených k likvidaci odpadu. V případě, kdy se termické pochody používají k získání energie, je zapotřebí hovořit o recyklační technologii.

#### 4.2.1. Mechanické recyklační technologie

Mechanická úprava představuje proces, který má za úkol zmenšit velikost kusů výchozí suroviny. Z klasického hlediska patří mezi tyto procesy drcení (výsledná velikost zrna produktu je nad 1,25 mm) a mletí (výsledná velikost zrna produktu je menší než 1,25 mm). Pokud upravujeme kovový odpad, přibývá k již zmíněným procesům ještě stříhání, ke kterému jsou vhodné hydraulické nebo mechanické nůžky, rozpalování kovových odpadů plamenem a další charakteristické postupy.

Dělení drtičů na následující hlavní skupiny podle konstrukce a způsobu rozpojování:

- čelistové drtiče
- kuželové drtiče
- válcové drtiče
- kladivové drtiče
- odrazové drtiče

Dělení mlýnů do následujících skupin:

- kulové a tyčové mlýny
- vibrační mlýny

Třídění je proces, při kterém dochází k rozdělování nerostných nebo jiných produktů upravených podle velikosti zrna.

Mechanické třídění provádíme pomocí síťových nebo roštových třídičů. Při této metodě třídění má rozhodující význam velikost, tzv. geometrické rozměry zrn.

Hydraulické a pneumatické třídění (klasifikace) se od mechanického třídění odlišuje, a to tím, že produkty třídění nejsou závislé na velikosti zrn. Mezi třídiče vhodné pro tuto metodu patří hřeblové a šroubovicové klasifikátory a třídící hydrocyklony.

Rozdružování je jednou z hlavních operací při úpravě užitných surovin. V recyklaci odpadů, se využívají, známe postupy z procesu úpravy a zpracování primárních (nerostných) surovin. Rozdružování je metoda oddělení jednotlivých složek na základě odlišných fyzikálních nebo fyzikálně-chemických vlastností.

Gravitační rozdružování využívá rozdílných hustot jednotlivých složek suroviny. V rámci gravitačního způsobu úpravy je zapotřebí se zmínit o následujících metodách. Těžkosuspenzní rozdružování a rozdružování v sazečkách, dále pak na rozdružování na hydrocyclonech, splavech a pneumatické rozdružování.

Magnetické rozdružování je založeno na využití odlišných magnetických vlastností samostatných složek zpracované suroviny (převážně magnetické vodivosti, magnetické susceptibility a permeability). Susceptibilita charakterizuje magnetizovatelnost a permeabilita popisuje látku z hlediska jejího vlivu na magnetické pole.

Flotace patří k rozdružování pomocí fyzikálně-chemických metod. Princip spočívá ve využití odlišných povrchových vlastností surovin (rozdílné smáčivosti povrchu vodou). Částice, u kterých je povrch vodou nesmáčivý (hydrofobní) se přichytí k bublinkám vzduchu (nebo jinému plynu) dispergovanému ve vodném prostředí a jsou unášeny na povrch suspenze, kde se vytváří tzv. flotační pěna. Hydrofilní částice (smáčivé vodou) neulpí na bublinkách vzduchu a zůstávají dispergovány v objemu flotačního rmutu. [12]

## **4.2.2. Metalurgické recyklační technologie**

### **4.2.2.1. Tepelné procesy**

Jsou to procesy, při kterých se zpracovávají kovové a kovonosné odpady za zvýšených teplot.

Pražení je jeden z pochodů, při kterém se v důsledku chemických reakcí mezi praženým materiálem a plynným prostředím mění chemické vazby mezi prvky, utvářejí se

nové vazby, mění se vazba prvků a některé prvky se redukují ve formě těkavých plynů a par. Pražení probíhá za vysokých teplot, ale nedochází ještě k tavení.

Při další metodě mohou být materiály navedeny přímo do přetavovacího zařízení, ve kterém dochází ke spékání a provádí se to převážně v šachtové nebo rotační peci.

Lze použít také odtavovací pece pro tepelnou úpravu odpadů na základě odlišných teplot tání. Pece jsou konstruovány z těžké ocelové konstrukce, která je izolována ohnivzdornou hmotou. Všechny druhy jiné výrobní kapacity mají oddělenou komoru, která slouží ke shromažďování odtaveného kovu, který pak vytéká do speciálních kokil. Pece jsou obvykle vyhřívány plynovými hořáky.[13]

#### 4.2.2.2. Hydrometalurgické procesy

Jsou to procesy, při kterých se na dané kovonosné nebo kovové suroviny působí vodnými (nebo jinými) roztoky obsahující různá chemická činidla. Toto zpracování je složeno z několika základních postupů, použitých částečně z chemie, částečně z rudného úpravnictví.

Loužení je operace převedení požadované složky do roztoku. Z chemického hlediska se jedná o rozpouštění kovu nebo jiné složky, která byla prvně převedená na sloučeninu rozpustnou ve vodném prostředí správně zvoleným rozpouštědlem. K získání kovu z roztoku pak můžeme použít některou z metod, např: [12,14]

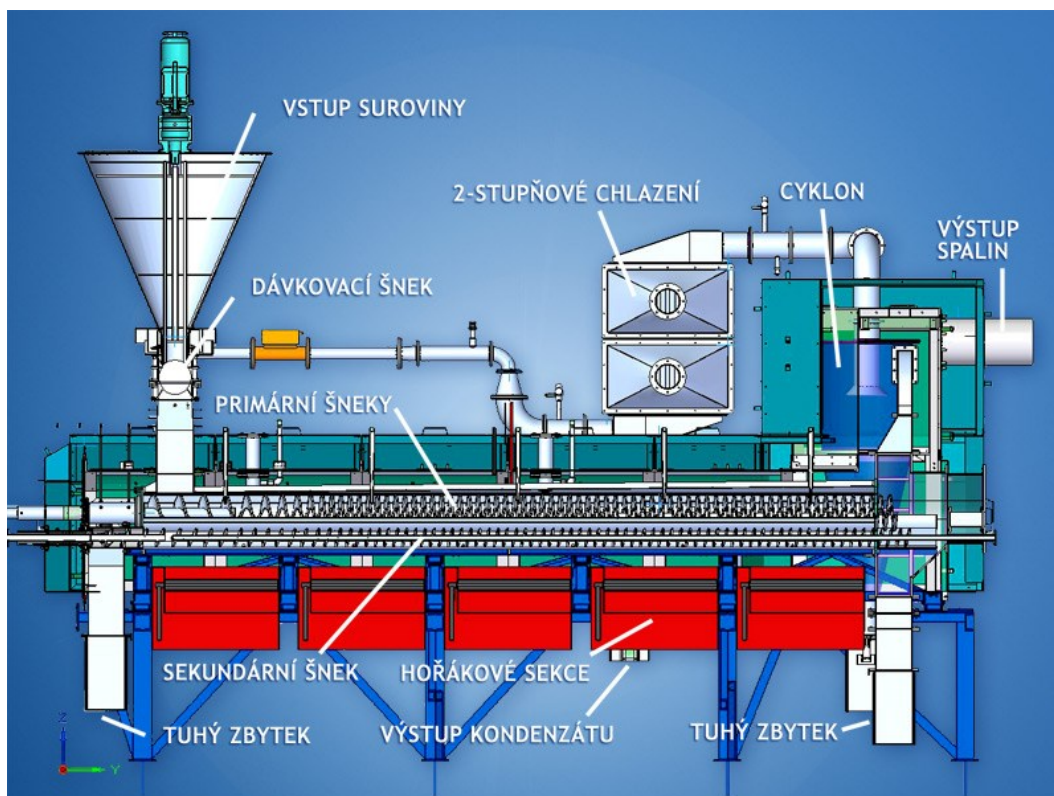
- Hydrolytické srážení
- Cementace
- Elektrolytické srážení

#### 4.2.2.3. Termické procesy

Jsou to recyklační technologie, které na odpad působí teplotou, překračující mez chemické stability tzn. 300-2000 °C. Tyto procesy si můžeme rozdělit do dvou skupin:

- Reduktivní procesy, při kterých je nulový obsah kyslíku v reakčním prostoru nebo substechiometrický vzhledem ke zpracovávanému odpadu. Zde patří pyrolýza a zplyňování. Na **obr. 19** je znázorněná pyrolýzní pec.
- Oxidační procesy, při kterých je obsah kyslíku stechiometrický nebo vyšší v reakčním prostoru vzhledem ke zpracovanému odpadu. Lze zde zařadit nízkoteplotní (do 1000 °C) a vysokoteplotní spalování (nad 1000 °C).

Termické procesy jsou zejména využívány např. při zpracování tuhého komunálního odpadu popř. jiných organických odpadů (např. plastové odpady a kaly z čistíren vod).[15,16]



**Obr. 19:** Pyrolýzní pec [19]

## 5. ZÁVĚR

V současné době výrazně vzrostla průmyslová výroba, v jejímž důsledku se značně zvýšilo množství odpadů, což má také velký vliv na zhoršení životního prostředí. Technologicky i ekonomicky příznivější alternativa je racionální hospodaření s kovy. Úsporné využívání kovů a jejich maximální recyklace znamená zároveň ekonomické využití energie vložené do těžby a úpravy rud i vlastní hutnické výroby. Snížení spotřeby energie vlivem recyklace znamená rovněž důležitý příspěvek k ochraně životního prostředí.

Z bakalářské práce vyplývá, že recyklace slitin neželezných kovů jako jsou hliníkové, měděné a niklové slitiny v konkrétních průmyslech, v této bakalářské práci automobilový, potravinářský a strojírenský průmysl, jsou často používané díky novým technologickým postupům a také díky novým možnostem, které recyklace přináší. Tyto možnosti nám dovolují opětovné využití zrecyklovaných slitin neželezných kovů jako druhotné suroviny. Využití odpadů jejich převedením na druhotné suroviny nám zajišťuje, přínos nových surovin a zmenšení množství negativně působících substrátů z hlediska životního prostředí.

V některých případech může ekologické hledisko být rozhodující a v tomto případě je třeba vyvíjet postupy, které by umožnily ekonomicky přijatelnou likvidaci nežádoucích substrátů jejich převedením na použitelné výrobky nebo meziprodukty.



## Použitá literatura

- [1] EPROJEKT: Mezipředmětové vztahy v projektové výuce, 2011[online]. Eprojekt. [cit. 13. 4.2014]. Dostupné z: [www.eprojekt.gjs.cz/Services/Downloader.ashx?id=20349](http://www.eprojekt.gjs.cz/Services/Downloader.ashx?id=20349)
- [2] Wikipedie: otevřená encyklopedie [online] Česká verze. [cit. 17. 4.2014]. Dostupná z: <http://cs.wikipedia.org/>
- [3] HALOUSKOVÁ, Olga. Recyklace jako součást životního cyklu automobile, 13. - 14. 12. Praha, 2000. ISBN 80-7080-410-6
- [4] MĚŘINSKÝ, Ivo. Slitiny neželezných kovů a jejich využití v praxi. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/7197/SLITINY%20NE%C5%BDELEZN%C3%9DCH%20KOV%C5%AE%20A%20JEJICH%20VYU%C5%BDIT%C3%8D%20V%20PRAXI.pdf?sequence=1>
- [5] CHVOJKA, Jiří. Neželezné kovy a jejich slitiny. 1.vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1971. 240 s.
- [6] SLAVÍČEK, Jiří. Hliník a jeho slitiny v automobilovém průmyslu. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/4524/BAKAL%C3%81%C5%98SK%C3%81%20PR%C3%81CEHLIN%C3%8DK%20A%20JEHO%20SLITINY%20V%20AUTOMOBILOV%C3%89M%20PR%C5%AEMYSLU%20.pdf?sequence=1>
- [7] HLAVATÝ, Ivo. Hliník a jeho slitiny. Konstrukce z hliníku. Ostrava, 2010. Seminární práce. Vysoká škola báňská - Technická universita Ostrava. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/3-3.pdf>

- [8] PRZECEK, Jan. Nové slitiny hliníku v konstrukci letadel. Brno, 2008. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/3285/Bakal%C3%A1%C5%99sk%C3%A1%20pr%C3%A1ce%20%20Nov%C3%A9%20slitiny%20hlin%C3%ADku%20v%20konstrukci%20letad%E2%80%A6.pdf?sequence=1>
- [9] BE GROUP: Značení hliníku a jeho slitin, 2014 [online]. Be group. [cit. 9. 4.2014]. Dostupné z: <http://www.begroup.com/cz/BE-Group-Czech-Republic/Produkty/Hlinik-1/znaeni-hliniku-a-jeho-slitin-v-stav/>
- [10] BARTOŠ, Libor. Strojírenská technologie. Lipová – lázně, 2007. Projekt PROPOS. Odborné učiliště a praktická škola, Lipová- lázně. Dostupné z: [http://oulipova.cz/vyuka/strojari/Strojirenska\\_technologie\\_2.pdf](http://oulipova.cz/vyuka/strojari/Strojirenska_technologie_2.pdf)
- [11] PROAL: Hliník AlMn1-ČSN 424432, 2009 [online]. Proal. [cit. 14. 4.2014]. Dostupné z: <http://www.proal.cz/info/424432.htm>
- [12] BOTULA, Jiří. Recyklace odpadů kovových a kovonosných. 1 vyd. Ostrava: VŠB-TUO, 2004. 87 s. ISBN 80-248-0495-6
- [13] RUŽIČKOVÁ, Z., SRB, J., VIDLÁŘ, J. Druhotné suroviny – nové zdroje průmyslu. 1.vyd. Praha: SNTL, 1989. 193 s. ISBN 80-03-00020-3
- [14] RITCEY, G. M., ASHBROOK, A.W. Solvent extraction: principles and applications to process metallurgy. Part I. Estados Unidos: Elsevier, 1984.
- [15] MRÓZ, J. Recykling i utylizacja materialow odpadowych w agregatoch metalurgicznych. Czestochowa 2006. 207s. ISBN 83-7193-319-3
- [16] ULEWICZ, M., SIWKA, J. Procesy odzysku, recyklingu wybranych materialow. Czestochowa 2010. 335 s. ISBN 978-83-87745-38-7

## Seznam použitých obrázků

- [1] Hlava válců ze slitiny AlSi7Mg (online):  
<http://www.ochranamotoru.cz/images/cylinder%20head.jpg>
- [2] Blok válců ze slitiny AlSi10Mg (online):  
<http://milujurizeni.cz/wp-content/uploads/P90072418-1-1024x768.jpg>
- [3] Kovaný píst motoru ze slitiny AlSi12NiMg (online):  
[http://admin.ndmoto.cz/Upload/Pictures/Parts/25F0313\\_1.jpg](http://admin.ndmoto.cz/Upload/Pictures/Parts/25F0313_1.jpg)
- [4] Karosérie automobilu (online):  
[http://media.novinky.cz/441/14414-top\\_foto2-yciis.jpg?1236751196](http://media.novinky.cz/441/14414-top_foto2-yciis.jpg?1236751196)
- [5] Dveřní závěs automobilu (online):  
[http://www.technicoat.cz/\\_data/files/Image/content/automobil3.jpg](http://www.technicoat.cz/_data/files/Image/content/automobil3.jpg)
- [6] Nýt z nezelezné slitiny (online):  
[http://www.dovavanik.cz/eshop/foto/461/461240\\_o\\_0.jpg](http://www.dovavanik.cz/eshop/foto/461/461240_o_0.jpg)
- [7] Fólie ze slitiny Al-Li (online):  
[http://eshop.tescoma.cz/images/clanky/hlinikova\\_folie.jpg](http://eshop.tescoma.cz/images/clanky/hlinikova_folie.jpg)
- [8] Miska ze slitiny Al-Mn (online):  
[http://www.keramet.cz/epd/content/817\\_1.jpg](http://www.keramet.cz/epd/content/817_1.jpg)
- [9] Nápojové plechovky ze slitiny Al-Mn (online):  
<http://www.packaging-cz.cz/uploads/cgblog/id651/beverage-can.jpg>
- [10] Víčka nápojových plechovek (online):  
<http://www.napojovaplechovka.info/images/upload/0c2061d4e409a839f374caab54c2a5223442a7b8.jpg>
- [11] Šroub z mosazi (online):  
<http://obchod.valka.cz/imagesmall/RBM1405.jpg>
- [12] Z části mosazné svítidlo (online):  
[http://www.nex-cz.cz/fotky16702/fotos/\\_vyrn\\_664l.jpg](http://www.nex-cz.cz/fotky16702/fotos/_vyrn_664l.jpg)

- [13] Lopatky parní turbíny (online):  
[http://www.konstrukce.cz/PublicFiles/UserFiles/images/K/2009/K509/800x800\\_pilous\\_11.jpg](http://www.konstrukce.cz/PublicFiles/UserFiles/images/K/2009/K509/800x800_pilous_11.jpg)
- [14] Manometr (online):  
[http://www.eautomatizace.cz/ebooks/mmv/ODKAZY\\_NA%20STRANKY/katalog\\_1\\_11\\_soubory/kat\\_1\\_11.jpg](http://www.eautomatizace.cz/ebooks/mmv/ODKAZY_NA%20STRANKY/katalog_1_11_soubory/kat_1_11.jpg)
- [15] Vysokotlaké čerpadlo (online):  
[http://interpump.cz/design/img/img\\_search\\_ht.png](http://interpump.cz/design/img/img_search_ht.png)
- [16] Ložisková pánev (online):  
<http://www.tr.all.biz/img/tr/catalog/middle/134025.jpeg?rrr=1>
- [17] Nýtovací matice (online):  
[http://www.nytovacimatice.cz/fotky33825/fotos/\\_vyrn\\_13ESF\\_m.jpg](http://www.nytovacimatice.cz/fotky33825/fotos/_vyrn_13ESF_m.jpg)
- [18] Zařazení recyklačních technologií ve výrobním procesu. Dostupné z: [12]
- [19] Pyrolýzní pec (online):  
<http://www.zlepsisitechniku.cz/wp-content/uploads/2014/03/pyrolyza14.jpg>

## Seznam použitých tabulek

Tab. 1: Mechanické vlastnosti základních typů mosazí. Dostupné z:

<http://katedry.fmmi.vsb.cz/637/soubory/KOVYI-CuAlMg.pdf>

Tab. 2: Skupiny odpadů. Dostupné z: [12]